臺灣土壤肥力之研究

1. 臺灣稻田土壤有效性磷素測定方法之研究

曾 憲 鼎　　王 接 皇

一、緒　　論

應用化學分析方法測定土壤磷素作爲施肥之依據，其必須首先解決者，(一) 化學分析方法之穩定性，(二) 分析法對土壤之溶提性，(三) 化學分析結果與施肥效應之相關性。茲就化學分析法之化學反應而說，其反應常受多因子之支配，如諸因子控制不當或無法控制時，其再生性或重覆性 (Reproducibility) 則大受影響而產生偏差，如偏差大於土壤差異，其分析結果即不足以採用，故對一種方法之選用必須知其影響穩定性之因子而加以控制，使偏差達於最低之限度。

關於測定土壤中有效性磷素之方法，發表之文獻不勝枚擧。由於各種方法在溶提中所用酸鹼鹽之濃度不同，其對土壤磷酸溶解之情形因之亦異，或視土壤中磷酸存在之形態不同，故每種方法在應用上皆有相當之限制。因之在同一土壤，各種不同方法對土壤有效性磷素之測值，常有差異，即一種方法對不同土類中有效性磷素之測值，其比較亦須加以考慮。

本文之目的即在檢討土壤有效性磷素分析方法之穩定性及研究其穩定性之因子，另一方面並作四種土壤有效性磷素分析方法之比較，以確立測定臺灣水稻田土壤有效性磷素方法之應用範圍。關於土壤有效性磷素之測值與磷肥效應相關性之研究將於另文提出報告。

二、前 人 研 究

應用化學分析方法測定土壤中有效性磷素，根據前人研究可分爲二方面。

(一)　磷酸測定方法之檢討：

目前測定磷素的比色分析法有二，一爲應用鉬藍反應 (Molybdenum blue reaction)，另一法爲應用釩鉬黃色反應 (Molybdivanado-phosphoric acid reaction)，後者雖有呈色穩定之優點，但靈敏度遠較前者爲低，故一般學者大都採用前法。茲將過去學者應用鉬藍法有關影響磷素測值之因子予以整理提供參考。

1. 最後反應液 (Final Solution) 中各試劑之濃度與比例

藉鉬藍反應測定磷酸量時，其呈色之深淺受最後反應中各種試劑之濃度，比例及還元劑之種類而定 (7, 11, 18)。若最後反應液中之酸濃度過高時，藍色反應受抑制，若過低時一部分未與磷酸結合之鉬酸亦被還原而形成較深之顏色而增高磷酸之測值(10, 14)。根據 Dickman et al (11) Woods (18)，藤田 (7) 等氏之研究若能控制最後反應液之酸濃度，鉬酸之濃度及還原劑之濃度於一定之範圍，對磷酸比色測定可獲滿意之結果。據 Dickman et al (11) 之報告測定磷酸量，其最後反應液中試劑之濃度範圍爲 HCl: 0.66N～0.74N，鉬酸銨爲 0.28～0.3N%，氯化亞錫則爲 0.010～0.014%，又據 Cotton (10) 氏之實驗指出鉬藍呈色應以 1, 2, 4 aminonaphthol sulfonic acid 爲還原劑時，在 0.8N～2.0N 之硫酸酸度之下最爲穩定。茲將本報告所採用之四種磷酸測定方法之最後反應液之試劑濃度列表於下：

本文承朱海帆先生及張守敬教授斧正，謹此深致謝意。

表 1. 各種方法最後反應液之試劑濃度

Table 1. The concentration of the reagents in final solution in various methods.

方法 Methods	酸之濃度 Acid concentration Normality	鉬酸銨之濃度 Ammonium Molybdate Concentration %	還原劑之濃度 Reductant Concentration %	磷素濃度之範圍 The range of phosphorns Concentration %
Peech's	1.14 (HCl)	0.3	0.0024	0~0.5
Troug's	0.38 (H_2SO_4)	0.1	0.008	0~0.6
Bray's	0.27 (HCl)	0.024	0.11	0~10
Dickman and Bray's	0.70 (HCl)	0.30	0.012	0~0.5

由表可知最後反應液之試劑濃度及比例因方法略有不同，因此進行土壤樣本分析時，應盡量控制標準液之試劑濃度與土壤溶液之試劑濃度使其相同。

2. 溶液中離子之干擾

土壤經溶提後，其濾液含有多種離子，其中有數種離子亦易與鉬酸反應，形成藍色或接近藍色波長的顏色而對應用鉬藍法測定磷酸發生干擾，茲將數種離子對磷酸測定的干擾程度簡列於下表。

表 2. 各種離子對磷酸測定干擾之程度(18)

Table 2. Effect of interfering ions

離子 Ions	溶液存在之量 Amount ppm	前者數量能引起之誤差 Error %	實驗誤差範圍內可允許存在的量 Permissible amount ppm
$AsO_3^{\equiv}$	10	13	1
$AsO_4^{\equiv}$	1	25	0
$SiO_3^{=}$	50(Si)	10	10
Fe^{++}	100	2	100
Fe^{+++}	25	2	10

干擾磷酸測定之離子甚多，上表中所列者僅土壤中可能發生影響之離子，事實上在實際測定土壤有效性磷酸時往往將土壤之溶提液稀釋若干倍，所以某些離子之干擾情形並不嚴重，如遇特殊土壤含有可顯然影響測值之離子，則可使用化學方法予以消除，例如 $AsO_4^{\equiv}$ 可藉 $NaHSO_3$ 將 $AsO_4^{\equiv}$ 還原爲 $AsO_3^{\equiv}$ (14)，如 Fe^{+++} 可以利用還原劑先將 Fe^{+++} 還原成 Fe^{++} (11) 或改變試劑之酸度與試劑濃度 (7) 又如選擇有機還原劑如 Amino naphthol sulfonic acid 則 Fe^{+++} 雖至 200ppm 尚不致發生干擾 (14)；如 Si 離子增加酸之濃度降低溶液之 pH (13) 亦可消除矽離子之干擾。

(二)土壤溶提方法之檢討

現時一般學者用以溶提土壤有效性磷素之試劑有各種濃度之酸，鹼或酸與鹽類配合者，或各種緩衝液。這些溶提液對土壤磷素之抽出力各異，又同一溶提液對各種型態之抽出力亦不同 (9)。一般而言，強酸對磷酸鈣型態之磷素有較大的溶解力，鹼液或氟化銨則對磷酸鐵鋁型態之磷素或吸着性之磷素有較大的抽出力 (9)。同時植物對各種型態之磷酸鹽之利用因植物種類而異 (8)，因此迄

今仍未發現一種分析方法能適應所有土類土壤之方法。

趙畯田氏在臺灣蔗田土壤肥力之研究中對土壤中有效性磷素速測法，曾作一比較研究 (3) 指出 Troug 氏法對土壤有效性磷素之溶提力最强，Morgan 氏法與 N. Corolina 法次之，飽和碳酸法最弱。該氏於 1954 年復指出應用 Bray 氏法與 Troug 氏法所溶提之磷素較高， Bray (1) 法與 Bray (3) 法所溶提者較低，用重碳酸鈉與 Morgan 氏法所溶提者最低 (5)。

三、試驗材料與方法

（一） 供試土壤

試驗所用土壤樣本係由1953年至1955年土壤肥力研究室在臺灣全省各地舉辦之肥料三要素試驗田內所採取者。

（二） 試驗方法

1. 檢討溫度及時間對化學速測結果之正確性及重覆性之影響。

(1) 分別在 15°C, 20°C, 25°C 及 30°C 試驗標準液之鉬藍反應，視溫度對顏色形成之影響。

(2) 由 15°C 至 30°C，每隔 2°C 或 5°C，溶提土壤中之有效性磷素，視不同溫度對抽出力之影響。

(3) 加入試劑之後，在九十分鐘之內，每隔 5 分鐘，或15分鐘測定呈色之變化，視時間對顏色測定之影響。

(4) 抽出液加入土壤樣本後，搖動 40秒鐘， 5 分鐘，15分鐘，30分鐘，60分鐘，120分鐘，視振盪時間對溶提量之影響。

2. 不同抽出方法之比較。

(1) Peech 氏法(13)

以 5 克土壤加 25 cc. pH 4.8 之 Morgan 氏醋酸，醋酸鈉溶液，振盪30分鐘，以 $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 作還原劑，以光電比色計測定其中之磷素。

(2) Trug 氏法(16)

以 1 克土壤與 pH 3 之 0.002 N $H_2SO_4-(NH_4)_2SO_4$ 抽出液 200cc. 混合振盪30分鐘，以 $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 作還原劑，以光電比色計測定其中之磷素。

(3) Bray 氏法(8)

以 1 克土壤與 10 cc. 之 0.1 N HCl–0.03 N H_4F 之混合溶液共同振盪 40 秒鐘，過濾後取 5 cc. 加鉬酸銨試劑 5 滴，充分振盪後加以 1–amino–2–naphthol–4–Sulfonic acid 與 Na_2SO_3 及 $Na_2S_2O_5$ 混合之還原劑 5 滴，經30分鐘後以光電比色計測定磷素含量。

(4) Olsen 氏法(12)

1 克土壤加 20 cc. 0.5M–$NaHCO_3$·pH 8.5 之抽出液，再加一茶匙之活性碳粉共同振盪30分鐘，取濾液，依 Dickman and Bray 二氏(11)之方法以 $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 作還原劑，並以光電比色計測定其磷素含量。

四、試驗結果與討論

（一） 溫度及時間對有效性磷素測定正確性及重覆性之關係。

1. 溫度對顏色反應 (Color development) 之影響。

應用 Bray 氏測定有效性磷酸法，以不同之溫度，測其對標準磷液 (Standard solution of phosphorus) 顏色反應之影響。其結果如下表。

表 3. 溫度對標準磷液顏色反應之影響

Table 3. Effect of temperature on the color development of standard solution of phosphorus (ppm)

標準液之磷素量 ppm	15°C	20°C	25°C	30°C
0	0	0	0	0
2.0	1.9	1.95	2.0	2.05
4.0	3.9	3.95	4.0	4.05
6.0	5.8	5.85	6.0	6.1
8.0	7.75	7.8	8.0	8.1
10.0	9.7	9.85	10.0	10.0

由上表結果以 1-amino-2-naphthoj-4-sulfonic acid 之有機還原劑時，溫度對標準磷液顏色反應之影響，有一定之趨勢卽溫度愈高，磷之測值亦增加，然其增加甚微，對土壤有效性磷素之測定影響甚小，複據 Dickman et al (11) 稱以 $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 爲還原劑時溫度由 18°C 提高至 28°C 時顏色深度亦約提高 4％，其溫度對顏色反應之影響無甚重要，在 25±5°C 之內差異甚小。

2. 溫度對抽出液溶提力之影響

溶提液對土壤中磷素之溶提作用爲一物理化學作用，其溶解度可能隨溫度之增高而提高。Troug 氏，Olsen 氏，Peech 氏，Bray 氏及 Bray 氏修正法以不同溫度之溶提液抽出土壤磷素之測值如下表。

表 4. 溫度對土壤有效性磷素抽出量之影響

Table 4. The effect of temperature on the amount of available phosphorus extracted (ppm)

地 點 Locality	土 類 Soil group	Troug 氏法		Olsen 氏法		Peech 氏法		Bray 氏法*		Bray 氏修正法**	
		16°C	26°C	25°C	35°C	25°C	35°C	14°C	24°C	25°C	35°C
彰化市	粘板岩冲積土	136	136	15	16	4	4	74	86	229	230
屏東里港	〃	21	21	11	11	3	3	40	46	130	130
桃園觀音	紅 壤	9	10	6	6	0.5	0.5	15	20	40	40
臺中新社	〃	12	15	35	37	2	3	38	45	61	61
臺中大甲	砂頁岩冲積土	28	32	7	8	4	5	33	35	75	86
臺南後壁	看 天 田	6	7	7	8	1	1	5	6	14	19

* 以 0.1NHCl-0.03N NH_4F 爲溶提液，振盪時間爲40秒。
** 以 0.1NHCl-0.03N NH_4F 爲溶提液，振盪時間改爲30分鐘。

由上表之結果，溫度對 Bray 氏法之磷素抽出量影響甚巨。而對 Troug 氏，Olsen 氏及 Pecch 氏諸法之磷素抽出力影響甚微，如將 Bray 氏法振盪時間由40秒鐘修正爲 30分鐘，雖磷素溶解量增加，但溫度之改變其影響甚微，此顯然指 Bray 氏法用40秒鐘之抽出時間，其溶解之磷酸是在土壤溶液中尙未達平衡狀態，此時極易受溫度之影響，此結果在下表指示更爲顯明。

表 5. 溫度對 Bray 氏法抽出液溶提力之影響

Table 5. The effect of temperature on the extraction power of Bray's method.

地點 Locality	土類 Soil group	溶提出來之磷素量 (Phosphorus extracted, ppm)								
		14°C	16°C	18°C	20°C	22°C	24°C	26°C	28°C	30°C
彰化田中	粘板岩冲積土	104	107	109	115	120	127	134	139	142
宜蘭五結	〃	77	80	81	85	92	97	103	107	112
彰化市	〃	74	78	79	82	85	86	90	97	102
屏東里港	〃	40	40	41	42	43	46	50	53	55
桃園鎮	紅壤	30	31	32	34	36	39	40	41	41
桃園龍潭	〃	31	32	33	33	33	34	34	34	36
桃園觀音	〃	15	17	18	19	20	20	20	20	21
臺中新社	〃	38	40	42	43	44	45	47	49	51
臺北新莊	砂頁岩冲積土	58	59	60	60	62	65	68	74	80
臺中大甲	〃	33	34	35	35	35	35	39	40	41
臺中霧峯	〃	34	37	40	40	40	40	43	45	46
臺南後壁	看天田	5	6	6	6	6	6	6	6	6

由上表可見土壤溶提液溫度之增高，對含有效性磷素量愈高之土壤影響愈大。如彰化縣田中鎮之粘板岩冲積土在溫度由20°C提高至30°C時，土壤之有效性磷素抽出量由115ppm,提高至142ppm有 27ppm 或20%左右之相差；但土壤含有效性磷素量低者如臺南縣之後壁鄉之土壤，雖抽出液之溫度相差10°C 但對磷素之抽出量毫無影響。由於 Bray 氏法只規定振盪時間爲40秒鐘，其所抽出之有效性磷素是並非全部，可能僅抽出可溶性磷酸量之 1/8 左右（8），易受溫度之影響，因此應用 Bray 氏法測定有效性磷素量對溫度之因子，必須予以嚴格控制。

3. 顏色形成 (Color development) 時間對磷酸定量之影響。

鉬藍 (Molybdnum blue) 係由磷鉬酸 (Phosphomolybdic acid) 之還原而形成，所採用之還原劑不同，對顏色形成之速度穩定度亦異，一般所用之還原劑爲氯化亞錫 ($SnCl_2 \cdot 2H_2O$) 或草酸亞錫 (SnC_2O_4) 之無機還原劑，另一爲有機還原劑，如 Amino-naphthol-sultonic acid, Hydroquinone 等。以無機還原劑如 $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 時鉬藍之形成較爲迅速，在 5 分鐘之內即可達最高度，然其呈色並不穩定，超越25分鐘即有褪色之現象，因此以氯化亞錫爲還原劑時，比色應於 5～20分鐘之內完成，否則影響其測值，如使用混合之有機還原劑，則鉬藍之形成較爲緩慢。由下表之試驗結果可見之。

表 6. 鉬藍反應時間對磷酸測定之影響

Table 6. The effect of time on the color development of molybden blue on phosphorus determination

磷酸標準液與土壤溶提液	鉬藍反應時間 (分鐘) Time of color development of molybden blue (min.)								
	5	10	15	25	30	40	50	60	90
	Bray's method (應用有機混合還原劑) (ppm)								
10ppm P 標準液	8.8	10.0	11.0	10.5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
桃園坋質壤土	35.0	36.5	40.0	41.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
新莊西盛壤土	60.0	63.0	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0

Troug's method （應用氯化亞錫爲還原劑） (mpp)

0.6ppm P 標準液	0.60	0.60	0.60	0.60	0.58	0.55	—	—	—
桃園坋質壤土	24.0	24.0	23.5	24.0	22.0	18.0	—	—	—
新莊西盛壤土	24.0	24.0	24.0	24.0	23.0	18.0	—	—	—

上表 Troug 氏之方法所用之還原劑爲 $SnCl_2 \cdot 2H_2O$，其顏色之形成較迅速在 5 分鐘後即可比色測定磷素含量，但 20 分鐘後即有褪色現象。如應用 Bray 氏法，所使用者爲混合有機還原劑，其反應較慢，尤以對土壤之濾液較磷酸標準液爲甚，一般在30分鐘後，其反應始達平衡，應用此還原劑呈色穩定之時間較長，在加入試劑後30分鐘至90分鐘差異甚微。

4. 振盪時間對土壤有效性磷素抽出量之影響。

對土壤有效性磷素測定，影響其測値之另一重要因子爲溶提液與土壤之接觸時間，在土壤之溶提未達平衡時，其受振盪時間之影響甚巨，此可由表應用 Bray 氏之溶提液在不同之時間之結果見之。

表 7. 振盪時間對土壤有效性磷素抽出量之影響

Table 7. The effect of shaking time on amount of phosphorus extracted

地點 Locality	土類 Soil group	振盪時間 (Shaking time) Bray's method					
		40 sec.	5 min.	15 min.	30 min.	60 min.	120 min.
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
彰化市	粘板岩冲積土	130	156	208	229	222	222
屛東里港	〃	48	80	95	132	138	147
桃園觀音	紅壤	20	24	29	40	40	54
臺中新社	〃	46	61	63	63	63	65
臺中大甲	砂頁岩冲積土	38	57	72	75	83	89
臺南後壁	看天田	6	10	11	15	17	22

應用 Bray 氏方法測定土壤有效性磷素，對於振盪時間及抽出液與土壤樣本接觸時間須予嚴密控制，對於大量樣本的分析則必須靠機械之幫助，同時注入溶提液於土壤中即行振盪，否則引起試驗誤差極大。

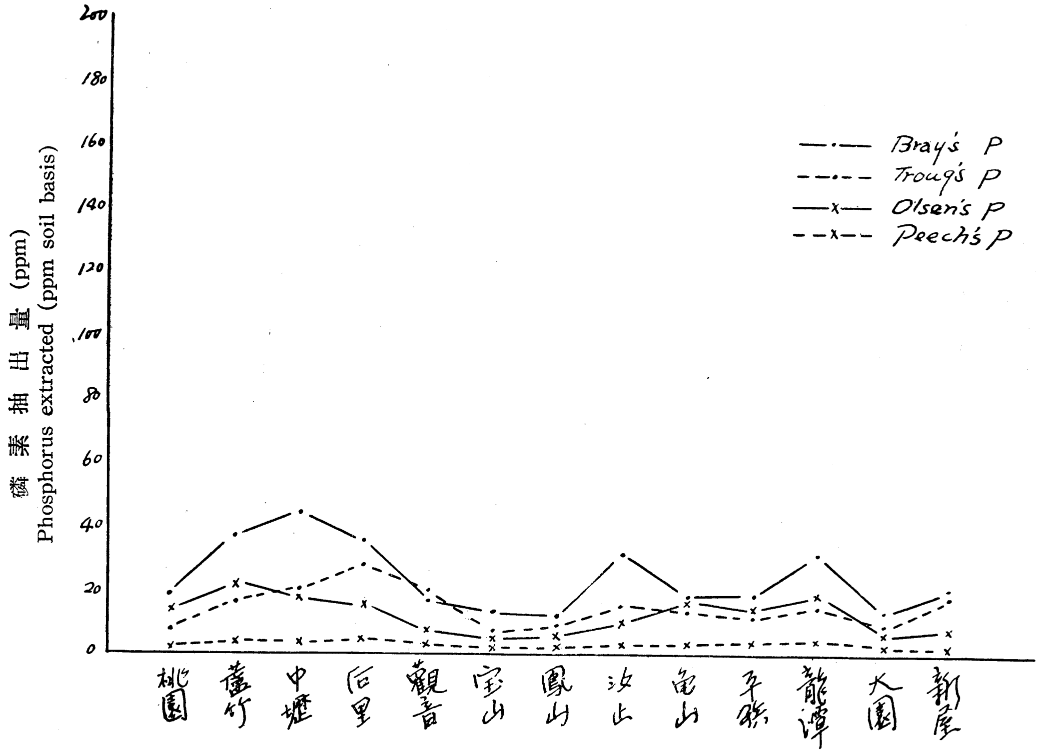
（二） 測定土壤有效性磷素不同方法之比較

以 Bray 氏，Troug 氏，Olsen 氏及 Peech 氏四種方法測定臺灣之紅壤，粘板岩冲積土及砂頁岩冲積土之有效性磷素量，由其結果可知 Bray 氏及 Troug 氏二法所測得之有效性磷素量較高，其次爲 Olsen 氏法，測値最低者爲應用 Peech 氏之方法，此趨勢與趙畯田氏（5）前在蔗田方面所得之結果甚爲相符。

由圖一，四種方法在紅黃壤上之測定結果，可見應用 Bray 氏方法所得之測値較其他三法爲高，應用 Troug 氏與 Olsen 氏二法其結果極爲接近，而應用 Peech 氏法測値極低。Bray 氏溶提液係由 0.1 N HCl 與 0.03 N NH_4F 所組成，鹽酸對土壤中所存在之磷酸鈣形態之磷素有較強之溶解力，同時氟化銨之氟離子能够與鋁及鐵形成錯鹽 (Complex salt) 而釋放被鐵鋁膠體所固定之磷酸 (17)，因此 Bray 氏之溶提液對紅黃壤中可能存在主爲磷酸鐵鋁形態之磷酸較用其他三方法所能溶解者爲多。 Olsen 氏之溶提液爲 pH 8.5 之鹼性溶液對磷酸鈣型態及吸着性之磷酸之溶解力相當大 (9. 12) 因此在富含活性鐵鋁之紅黃壤，該法所抽出之磷酸甚高，略與 Troug 氏法之測値相近。

圖 1. 各種分析方法對於紅黃壤中有效性磷素之溶提力

Fig. 1. Showing the relative extracting power of the various methods for phosphorus on the red and yellow earths



採土地點 (Locality)

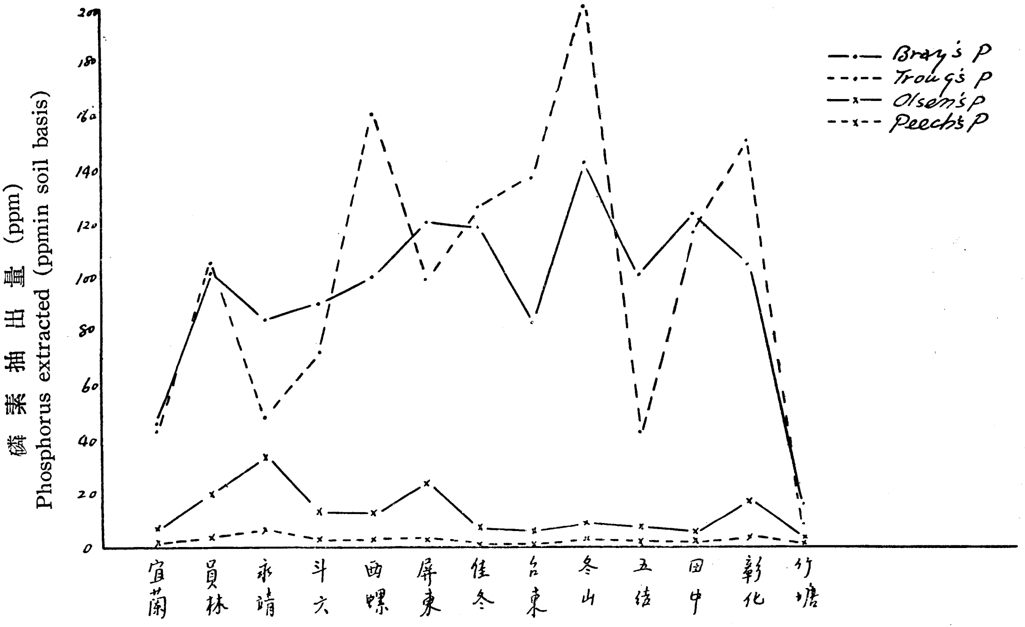
由圖二所示，四種方法在臺灣粘板岩冲積土壤上之測定結果，Troug 氏及 Bray 氏之測值均高，而 Olsen 氏及 Peech 氏之測值均低，此固由於前者所使用之溶提爲强酸，而後者所使用之溶提液一爲弱酸(醋酸)一爲微鹼溶液(碳酸氫鈉)之故，由粘版岩冲積土中之鈣含量甚高及磷酸鈣較磷酸鐵鋁易溶於强酸 (9) 可以推測在粘板岩冲積土壤中磷酸主以磷酸鈣之形態存在。

由圖三、四種方法在臺灣砂頁岩冲積土壤之測定結果，雖顯示 Troug 氏法及 Bray 氏法之磷酸抽出量一般較高，但在某些土壤上四種方法之測值都甚接近，此指示砂頁岩冲積土中磷酸存在之形態較紅壤或粘板岩冲積土者爲複雜，其形態依各地土壤而異。

一般而言，四種方法所抽出之有效性磷素量之高低趨勢尙爲相符，其中以 Bray 氏法與 Troug 氏法所抽出之磷素量最高，且兩者測值亦甚爲接近。但間亦有例外；如圖二之永靖，屏東及嘉義等地之土壤。此可能由於該地土壤之各種形態之磷酸之含量比例，較其他之同一土類土壤大有不同所致。又各種方法所測者，僅土壤中有效性磷素之一部分，而因土壤中磷酸存在之形態不同，在不同之溶提液表現極大之差異。例如宜蘭縣冬山鄉土壤用 Peech 氏法所得之結果有效性磷素含量爲 4 ppm，如用 Troug 氏法測定則有效性磷素量增至 200 ppm，在未了解化學分析溶提液對土壤磷酸之作用之前，此種測定結果常易發生對土壤磷酸缺乏情形之錯誤判斷。

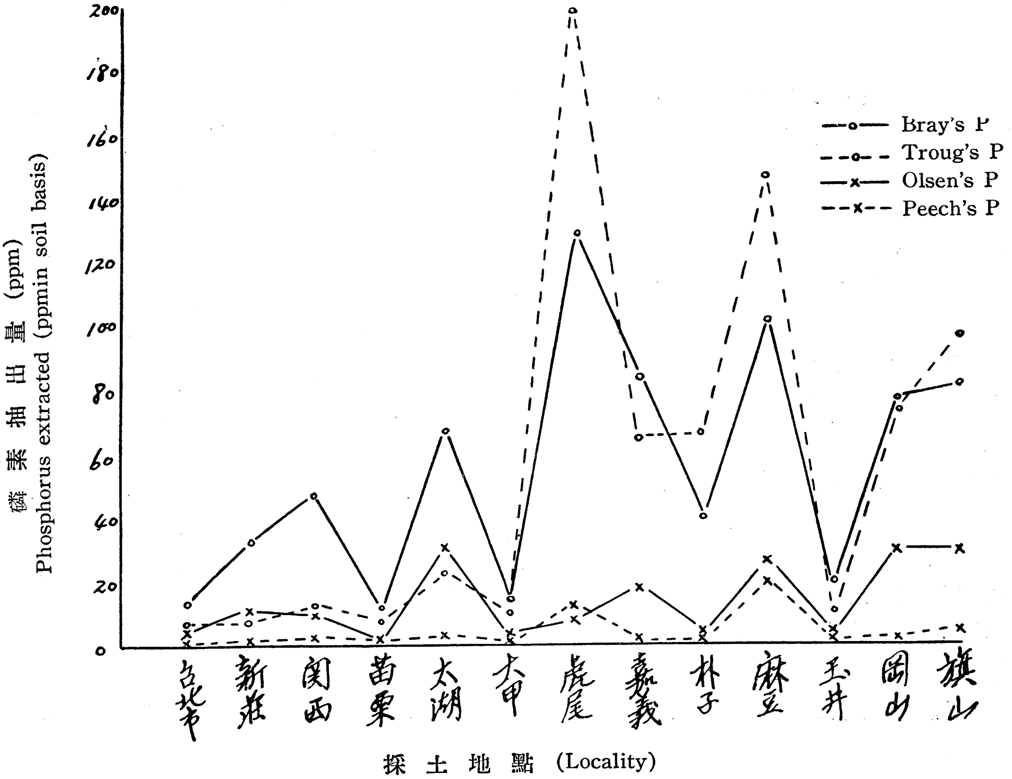
在四種方法中 Peech 氏法採用 pH 4.8 之 Morgan 氏溶液，此溶提液因屬弱酸土壤中較易溶解之有效性磷素雖大致可溶解而出，唯對於土壤膠質所吸着之磷酸溶解力不大 (13)，因此應用 Peech 氏法在臺灣任何土壤上，其測值均低，一般均在 5 ppm 左右，而超出 20 ppm 者甚少。

圖2. 各種分析方法對於粘板岩冲積土有效性磷素之溶提力
Fig. 2. Showing the relative extracting power of the various methods for obospborws on the slat alluvial soils



採土地點 (Locality)

圖3. 各種分析方法對於砂頁岩冲積土中有效性磷素之溶提力
Fig. 3. Showing the relative extracting power of the various methods for phosphorns on the shale and sandstone alluvial soils



採土地點 (Locality)

因此法抽出量低，差異變域狹小，其差異可能受試驗機誤影響，對土壤磷素含量分佈情形，不易表明及判斷。

Olsen 氏法溶提液之溶解力較 Peech 氏之抽出液爲强，但差異變域亦嫌狹小，又此法分析步驟較繁，而其抽出液之 pH 值易受空氣中碳酸氣之影響而改變。

Troug 氏法應用 0.002 N H_2SO_4 溶提液，溶解力强，尤以對粘板岩冲積土之土壤爲甚，其測值大部分在 50ppm 以上，而由此溶提液所抽出之有效性磷素是否爲有效性頗值進一步研討，蓋在粘板岩冲積土上施用磷肥，間亦有肥效者 (6)。在分析操作上 Troug 氏法因對抽出液及過濾時間浪費甚多。

在四種方法中 Bray 氏之 0.1 N HCl–0.03 NH_4F 溶提液比較可資採用於臺灣土壤有效性磷素速測。其法在臺灣各土類之測值變域大。如在砂頁岩冲積土由 10 ppm 至 130 ppm 在紅黃壤上由 10 ppm 至 36 ppm 以上，粘板岩冲積土大部分自 50 ppm 以上至 150 ppm。又此法分析步驟簡單，所費溶提液量少，所使用之混合有機還原劑比色分析時不易受其他離子之干擾。唯比法之缺點卽在粘板岩土壤之測值亦有過高之嫌，應配合田間磷肥試驗再作進一步之研究。其次在操作上亦應嚴格控制振盪時間，在溫度上亦須予以嚴密之控制。

五、結論與摘要

本試驗之目的在檢討影響土壤有效性磷素測定之因子及土壤有效性磷素速測方法之應用範圍，玆將其試驗結果及摘要如下：

1. 由 Bray 氏法及 Troug 氏，Olsen 氏及 Peech 氏四種方法測定臺灣稻田土壤有效性磷素之比較研究結果，指示 Peech 氏法及 Olsen 氏法抽出土壤有效性磷素量過低，在臺灣不適於作土壤有效性磷素速測之用。

2. Bray 氏及 Troug 氏二法應用之溶提液爲强酸，對土壤有效性磷素溶解力强，各土壤中有效性磷素量之差異變域大，易於比較及判斷土壤中之含磷情形。因此二法較適合於臺灣稻田土壤速測之用，惟 Troug 氏法需大量溶提液，過濾需時，較爲不適於作速測之用。 Bray 氏法卽無此缺點。

3. Bray 氏及 Troug 氏二法所抽出來之有效性磷素量甚爲相近，但在紅黃壤上 Bray 氏溶提液所抽出來之磷素量一般的較 Troug 氏法所測者爲高，但在粘板岩冲積土則不盡然。

4. Bray 氏及 Troug 氏二法測定臺灣粘板岩冲積土之有效性磷素量不能與臺灣紅黃壤或砂頁岩冲積土之有效性磷素量作同等之比較，蓋因此三類土壤中有效性磷酸所存在之形態不同。

5. Bray 氏法測定有效性磷素受溫度及振盪時間之影響甚大，應用此法測定有效性磷酸，則須對此項因子予以嚴密控制。

参考文獻

(1) 王世中：(1948) 蔗田土壤需肥量測定方法概述 臺糖季刊 二卷一期
(2) 張守敬：(1951) 臺灣省土壤肥力概述 農試所報告 7 號
(3) 趙畯田：(1948) 土壤中有效性磷鉀化學速測之比較研究 糖試所研究彙報 3. 195-204
(4) 趙畯田：(1952) 臺灣蔗田土壤肥力之研究
I. 土壤中有效性磷鉀化學速測法之研究 糖試所研究彙報 8. 70-82
(5) 趙畯田：(1953) 臺灣蔗田土壤肥力之研究
V. 土壤各種有效性磷素之相關性 糖試所研究彙報 12. 120-131
(6) 張守敬、曾憲鼎：(1951) 臺灣水稻肥料三要素試驗報告 農業研究 4(1) 13-57
(7) 藤田弘治：(1956) ボイラ水中の磷酸の比色定量について 資源科學研究所彙報 No. 41-42 pp. 81-85
(8) BRAY, R. H. (1948) Correlation of soil tasts with crop response to added fertilizer requiremant. Diagnostic techniques for Soils and Crops 53-86 (Published by Ammer. Potash Inst.)

(9) CHANG, S.C. and JACKSON, M.L. (1957): Fractionating of Soil phosphorus. Soil Sci. 84 133-144.

(10) COTTON, R.H. (1945): Determination of nitrogen, phosphorus, and potassium in leaf tissue. (Application of micromethod) Ind. and Eng. Chem. Anal. Ed. 17 734-738.

(11) DICKMAN, S.R. and BRAY, R.H. (1940): Colorimetric determination of phosphate. Ind. and Eng. Chem. Anal. Ed. 12, 665-668.

(12) OLSEN, S.R., COLE, C.V., WATANABE, F., and DEAN, L.A. (1953): Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circula 939.

(13) PECCH, M. and ENGLISH, L. (1944): Rapid micro-chemical soil test. Soil. Sci. 57, 167-195.

(14) SHERMAN, M.S. (1942): Colorimctric determination of phosphorus in soils (Division for eliminating the interference of arsenic). Ind. and Eng. Chem. Anal. Ed. 14, 182-185.

(15) SEATZ, L.F. (1954): Phosphate activity measurement in soils. Soil Sci. 77, 43-51.

(16) TROUG, E. (1930): The determination of the easily available phosphorus of Soils. Jour. Amer. Soc. Agron. 22, 874-882.

(17) TURNER, R.C. and RICE, H.M. (1952): Role of fluoride ion in release of phosphorus adsorbod by Al and Fe-hydroxide. Soil Sci. 74, 141-148.

(18) WOODS, J.T. and MELLON, M.G. (1941): The mohybdenum blue reaction (A spectrophotometric study). Ind. and En. Chem. Anal. Ed. 13, 760.

A STUDY ON THE METHODS OF DETERMINING AVAILABLE PHOSPHORUS OF PADDY SOILS IN TAIWAN

H.D.TSENG and C. H. WANG

by

SUMMARY

The factor affecting the reproducibility of the determined values of available phosphorus of soils was studied and four methods were compared in determining the available phosphorus of paddy soils of Taiwan..

Analytical results indicated that Peech's method and Olsen's method extracted too small amount of available phosphorus for accurate estimation of the status of soil phosphous. Bray's method and Troug's method were found to be more adaptable for routine test. The latter two methods may extract larger amount of phosphorus and are able to distinguish clearly the different status of soil phosphorus. Troug's methos employs a larger amount of extrating solution and is more time-consuming in filtration to undertake routine test than Bray's method. The amounts of phosphorus extracted by both methods from paddy soils of Taiwan were mutually correlated. Bray's method extracted more phosphorus from lateritic soils than Troug's method, but this is not always true from calcareous soils due to the different forms of phosphate existing in the respective soils. Bray's method, only when temperature and shaking time were restrictly controled, can yield reproducible results.